AVALIAÇÃO DA RESPOSTA DO POTENCIAL MATRICIAL EM DIFERENTES SISTEMAS E TÉCNICAS DE MANEJO DO SOLO - AVELAR/PATY DO ALFERES (RJ)

Andréa Paula de SOUZA[1]
Felipe Mattos da Silva de SOUZA[2]
Helder Lajes JARDIM[3]
Aline Santos LOPES[4]
Ana Valéria Freire Allemão BERTOLINO[5]
João Paulo de Lima MIRANDA[6]
Nelson Ferreira FERNANDES[7]

RESUMO

A erosão geralmente acaba sendo acelerada ou retardada pela ação antrópica, principalmente pelas diversas alterações como pelo preparo e manejo inadequados dos solos, o que acabam propiciando a modificação dos fluxos preferenciais e a deflagração dos processos erosivos. Desta forma, este trabalho visa contribuir para a melhor compreensão do comportamento da dinâmica da água, que influi na geração do escoamento superficial, agravado pela umidade antecedente no solo e conseqüentemente o não favorecimento da infiltração de água. O trabalho foi desenvolvido no Campus Experimental da PESAGRO em Avelar/Paty do Alferes, sudoeste do Estado do Rio de Janeiro, neste encontram-se 4 parcelas de erosão com dimensões de 4mx22m, cada uma consta do seguinte tratamento: Parcela sem cobertura (SC), com plantio convencional (PC), plantio em nível (PN) e cultivo mínimo (CM). Para a mensuração da precipitação foi utilizado um pluviógrafo, enquanto que para o monitoramento do potencial matricial utilizou-se 36 tensiômetros, nas profundidades de 15, 30 e 80 cm, ao longo do interior das parcelas. A influencia do manejo no comportamento hidrológico dos solos se mostrou bem diferenciado, principalmente em termos da velocidade de resposta da drenagem após os eventos pluviométricos. Pôde-se notar que o tempo de resposta na mudança do potencial matricial foi condicionado a umidade antecedente do solo, o que acarretou em diferenças nas perdas de solo e água para os diferentes tipos de manejo.

INTRODUÇÃO

A caracterização da dinâmica hidrológica e da disponibilidade de água na matriz do solo e o seu manejo adequado, tornam-se cada vez mais importante em estudos voltados à agricultura, à engenharia civil, a geomorfologia, assim como às ciências ambientais em geral. Sabe-se que em muitas áreas a irrigação vem sendo executada sem qualquer acompanhamento, em geral por alagamento dos solos, fazendo com que estes alcancem níveis de umidade bem acima dos necessários para o cultivo trazendo, como consequência, desperdício de água, prejuízos econômicos e diversos problemas ambientais, tais como erosão, salinização e poluição dos solos e aquíferos. Segundo Shock (1998), a prosperidade da humanidade e a sustentabilidade ambiental da agricultura dependem da relação

[1] Doutoranda do PPGG/UFRJ, IGEO/Depto. de Geografia, CEP. 21945-970, andreaps@ufrj.br.
[2] Aluno de Graduação/UFRJ;;
[3] Professor Assistente, UFMG, Depto. de Geografia.
[4] Mestrando do PPGG/UFRJ.
[5] Professor Adjunto, UERJ/FFP, Depto. de Geografia.
[6] Mestrando do PPGG/UFRJ.
[7] Professor Adjunto, UFRJ, Depto. de Geografia.

cuidadosa entre a utilização de insumos e a produção, pois a maior parte dos suprimentos de alimentos no mundo provêm da agricultura irrigada. A erosão embora seja um processo natural, vem sendo acelerada pela ação antrópica, em destaque em áreas agrícolas, as alterações causadas pelo preparo e manejo inadequados dos solos (Morgan, 1995)

Sabe-se que a dinâmica hidrológica em superfície e subsuperfície é muito complexa e que a variabilidade das propriedades do solo, que se diferenciam de uma área para outra, pelas descontinuidades encontradas no perfil, a umidade antecedente, as diferentes coberturas vegetais, entre outros fatores, acabam por modificar o caminho percorrido pela água (Whipkey e Kirkby, 1978; Dunne e Leopold, 1978; entre outros). Torna-se importante salientar que sistemas de cultivo sem rotação de cultura, desmatamentos, queimadas, uso intenso de máquinas agrícolas, juntamente com irrigação inadequada, com repetidas operações na mesma profundidade, acabam propiciando a modificação dos fluxos preferenciais e a deflagração dos processos erosivos (Bertoni e Lombardi Neto, 1999). Entretanto, é de grande relevância o estudo do comportamento da dinâmica da água, através do potencial matricial que influi na geração do escoamento superficial, agravado pelo alto teor de umidade antecedente no solo, e conseqüentemente o não favorecimento da infiltração de água.

A área de estudo localiza-se no Campus Experimental da PESAGRO em Avelar, município de Paty do Alferes, sudoeste do Estado do Rio de Janeiro, Brasil, nas coordenadas de 22o21’ S de latitude e 43o25’ W de longitude (Figura 1).

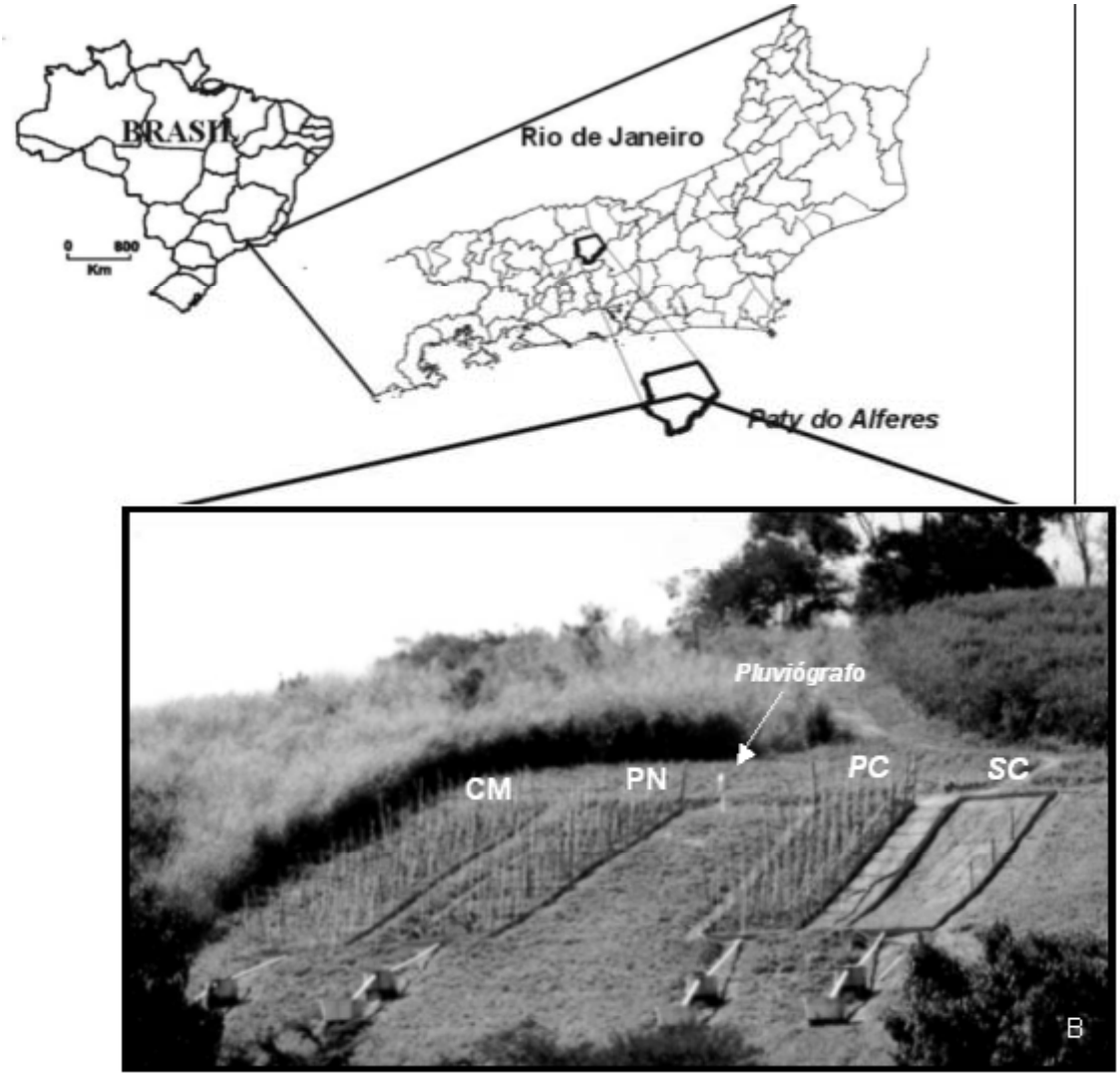

Figura 1 Visão Geral da Estação Experimental da PESAGRO, localizada em Avelar distrito de Paty do Alferes- RJ, sudoeste do Estado do Rio de Janeiro, Brasil (A). Em o maior detalhe dos sistemas de manejo SC, PC, PN e CM, inseridos nas pascelas de erosão (B).

Nas últimas cinco décadas Paty do Alferes vem concentrando suas práticas agrícolas na cultura de olericultura, com ênfase na cultura do tomate (Santa Clara e Débora); Pepino (Sprint); Pimentão (Magda, Magali, Myr-10 e Myr-29); Repolho (Fuytoyo, Astrus, Matsukase); Abobrinha (Clarice e Clarinda); e Vagem (Macarrão Favorito e Teresópolis). Segundo Ramalho *et. al.* (1998) o cultivo do tomate na área representa 40% da produção de todo o Estado do Rio de Janeiro, e por ser uma das mais exigentes acaba por utilizar uma grande quantidade de fitossanitários (inseticidas, fungicidas, acaricidas, herbicidas) e de outros insumos agrícolas.

Uma das principais características de Paty do Alferes encontra-se em grande parte dos produtores serem meeiros, arrendatários e pequenos agricultores, o que acarreta em pouca preocultaçào com a preservação e utilização racional dos recursos naturais. Segundo Tosto *et al*. (1998) as principais práticas adotadas são a de queimadas no preparo do solo, a mecanização agrícola em encostas, morro abaixo, com declividade acentuada, conforme já citado anteriormente, com uso indiscriminado de agroquímicos.

Outro problema pertinente a área é em relação a irrigação, a qual pode ser cognominado de "molhação", pois a rega é realizada diretamente na cova/pé (através de mangueiras), existindo poucos critérios quanto a quantidade de água utilizada, assim como o horário e a freqüência de rega. Esse conjunto de problemáticas na área acaba por causar muitas vezes a erosão dos solos e a contaminação dos aqüíferos.

No relevo da área encontram-se segmentos de encosta convexos, principalmente nos domínios colinosos, já os segmentos côncavos encontram-se associados às cabeceiras de drenagem em forma anfiteatro, configurando uma paisagem típica de mar de morros (SILVA *et al.,* 1998). A área do entorno do Campus da Estação Experimental da PESAGRO (Avelar-RJ) encontra-se inserida na formação geológica Unidade Santo Eduardo, caracterizada por gnaisses, predominantemente do tipo biotita-gnaisse, tipo granatífero (biotita-granada-gnaisse), de textura variada, que originou solos de baixa fertilidade e alta suscetibilidade à erosão (CALDERANO e LEMOS, 1998).

Tabela 1. Descrição morfológica do Latossolo Vermelho-Amarelo da área de estudo (Embrapa, 1998)

Horizonte	profundidade	Características
Ap	0 – 22cm	bruno-avermelhado-escuro (5YR 3/4); argila arenosa; moderada média granular e em grumos; plástico, pegajoso; transição plana e abrupta.
Bw1	22 – 68cm	vermelho-amarelado (5YR 4/6); argila; moderada, média, blocos subangulares; friável, plástico e pegajoso; transição plana difusa.
Bw2	68 – 92cm	vermelho (2,5YR 4/6); argila; fraca média blocos subangulares; muito friável, plástico, pegajoso; transição plana difusa.
Bw3	92 – 145cm	vermelho (2,5YR 4/8); argila; fraca média a grande blocos subangulares; cerosidade pouca e fraca; muito friável, plástico e pegajoso; transição ondulada gradual (145-165cm).
Tradagem	145 – 180cm+	vermelho (2,5YR 4/8); mosqueado comuns, médios distintos, vermelho-acinzentado (10R 4/4); franco argilosa; muito friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso.

O clima da área é do tipo Cw de KÖPPEN. Segundo Marques e Pinheiro (1998) a temperatura média anual é de 20,7 ^{0}C, chegando a 24,0 ^{0}C em fevereiro e 16,5 ^{0}C em julho. A precipitação anual da área é de no entorno de 1196 mm, no qual o período de maior índice pluviométrico corresponde aos meses de novembro a janeiro, com 575 mm, representando 48% da precipitação anual. Já o período mais seco ocorre de junho a agosto, com precipitação média de cerca de 74,7 mm, correspondendo a 6,2% da precipitação anual. A evapotranspiração potencial tem variação de 135mm, em janeiro, até 45mm, em julho, com total anual de 1070mm.

O solo da área se caracteriza por ser um Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico, textura argilosa, A moderado álico caulinítico hipoférrico ácido, fase floresta tropical subcaducifólia, relevo forte ondulado (30% de declividade), com características morfológicas descritas na tabela 1 (EMBRAPA, 1998). Neste encontram-se 4 parcelas de erosão com

dimensões de 4mx22m, cada uma consta do seguinte tratamento: Parcela sem cobertura (SC), com plantio convencional (PC), plantio em nível (PN) e cultivo mínimo (CM).

MÉTODOS e TÉCNICAS

Para a melhor compreensão da erosão foi mensurada a perda de solo e o potencial matricial durante eventos pluviométricos, no período de Novembro de 2002 até Janeiro de 2003. Para a mensuração da precipitação foi utilizado um pluviógrafo, sendo a análise da chuva realizada tanto em intervalos de 24hs (para períodos fora dos eventos monitorados) quanto de 10 minutos, durante os eventos estudados. Para fins de monitoramento da água no solo, mensurou-se o potencial matricial através de tensiômetros de manômetro de mercúrio. De forma geral, o tensiômetro é constituído por um tubo de PVC, onde em sua parte superior encontra-se uma tampa de vedação, enquanto que em sua parte inferior possui uma cápsula porosa de porcelana (ANDERSON e KNEALE, 1980; VILLAGRA, *et. al*.,1988; FERNANDES *et al.*, 1989; entre outros). Próximo à tampa no corpo do tubo de PVC tem-se uma mangueira conectando-o ao manômetro de mercúrio, de modo a permitir a medição da pressão da água no interior do tubo.

Segundo Reichardt (1973) para a obtenção do potencial matricial faz-se necessário à transformação da leitura do tensiômetro em carga de pressão, esta é obtida utilizando-se a relação (em centímetros de H_2O):

$$H_p = - 13.6h + h + h_1 + h_2 \qquad (4)$$

$$H_p = - 12.6h + (h_1 + h_2) \qquad (5)$$

onde: 13,6 é a relação entre as densidades do mercúrio e da água; h é a leitura do tensiômetro, em centímetros de mercúrio; h_1 é a altura que vai desde a superfície do terreno até o ponto no tensiômetro onde ocorre a conexão com a mangueira de nylon (no modelo utilizado h_1 é constante e igual a 10 cm); h_2 é a profundidade do tensiômetro abaixo do solo (Figura 2).

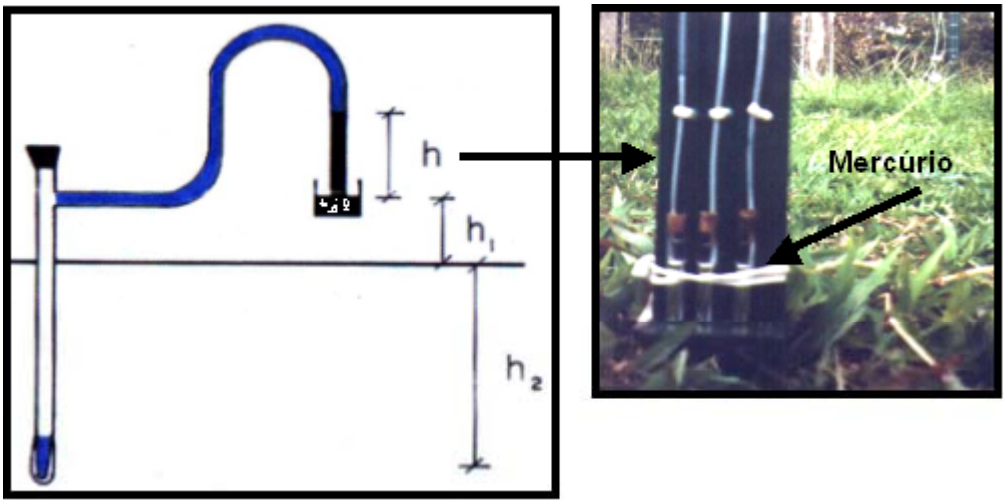

Figura 2- Esquematização da transformação da leitura do tensiômetro (h), em coluna de mercúrio, para a obtenção do potencial matricial em centímetros de água (Modificado Fernandes, 1990).

Os instrumentos foram instalados, dentro das 4 parcelas, nas profundidades de 15, 30 e 80 cm (Figuras 3A e C), nas posições alta, média e baixa, conforme mostrado na Figura 3B, totalizando 36 instrumentos. Para caracterizar a distribuição espacial do potencial matricial diariamente, a mensuração foi realizada às 7hs da manhã e às 17 horas da tarde, tanto para os períodos de maior umidade, quanto para os de estiagem, possibilitando assim uma melhor avaliação da resposta do potencial matricial aos totais de chuva. As variações espaciais e temporais do potencial matricial foram também avaliadas na escala de eventos

pluviométricos, ou seja, através da mensuração em pequenos intervalos de tempo (escala de minutos) durante algumas chuvas. Para a realização destes experimentos foram selecionadas chuvas de diferentes magnitudes e intensidades, assim como diferentes condições de potencial matricial (mensuração indireta da umidade) dos solos.

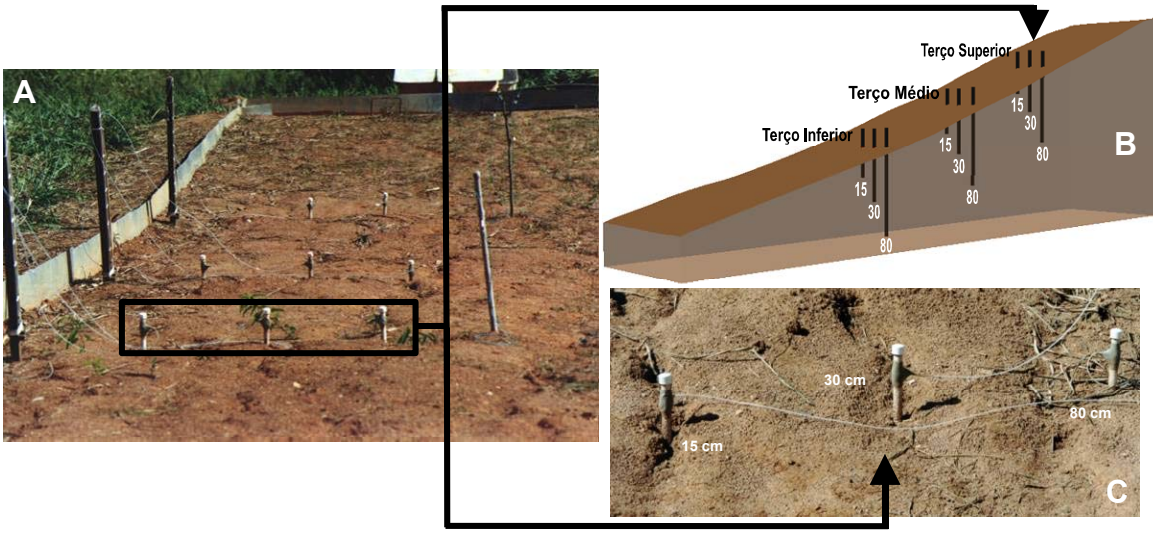

Figura 3 – Visão da distribuição dos instrumentos (A) nas parcelas. Perfil esquemático da distribuição lateral (B), isto é, no terço superior, médio e inferior do interior das parcelas de erosão e detalhe das profundidades de 15, 30 e 80 cm dos tensiômetros (C).

RESULTADOS

Conforme citado anteriormente, os meses de maiores índices pluviométricos são de Novembro-Janeiro, sendo os seguintes valores: Novembro de 2002 foi de 146mm, Dezembro de 2002 foi de 278mm, enquanto Janeiro foi de 403mm.

Foram trabalhados valores de média, máximo e mínimo potencial matricial durante os meses de Novembro e Dezembro de 2002 e Janeiro de 2003, para as profundidades de 15, 30 e 80cm em todos os sistemas (SC – sem cobertura, PC – plantio convencional, PN – plantio em nível e CM – cultivo mínimo).

Pode–se observar que as menores média de kPa, para todos os sistemas, foram registradas no mês de Novembro (2002), enquanto que as maiores médias foram obeservadas no mês de Janeiro de 2003 (Figura 4).

Os maiores valores de média de potencial matricial a 15 cm de profundidades foram encontrados em SC e CM (Figura 4). Já os valores mínimos de kPa foram abaixo de -50, em todos os sistemas, menos para o sistema PN, o qual manteve sua resposta entre -30 e -50 kPa (Figura 5). Enquanto os valores máximos foram observados para SC e CM, chegando a valores positivos, acima de 0kPa, principalmente no mês de Janeiro de 2003, PN e PC não alcançaram valores positivos, embora suas respostas fossem próximas à saturação (Figura 6). Os maiores valores de desvio padrão encontrados foram observados em CM e PC.

Para 30 cm de profundidade o comportamento da média dos valores de potencial matricial (em kPa), em todos os sistemas foi similar a resposta encontrada em 15 cm. Os menores valores médios da resposta de potencial matricial foram em SC e CM, chegando próximo a -8 kPa. Os menores potenciais foram em CM, com valores de -50 kPa, com comportamento mais seco, isso para os meses de Novembro e Dezembro (2002), enquanto SC responde a mínimo entre -15 a -25 kPa (maiores valores de mínimo), conforme Figura 5.

Os máximos valores, isto é, maiores que 0 kPa, puderam ser observados em PN e CM, próximo a 1.5 kPa. Os maiores valores de desvio padrão acompanharam a resposta dos

máximos valores de potencial matricial, tais valores foram maiores para CM e PN, e o menor para PC (Figura 6).

Em 80 cm de profundidade as maiores médias foram observadas em SC e PC. Já os valores abaixo de -40 kPa (mais seco) foram encontrados para os mesmos sistemas de manejo (Figura 4). Enquanto os maiores valores próximo a -30 kPa ocorreram em CM. Em termos de valores máximos, acima de 0 kPa, mais positivos foram observados para CM e PN. Na mesma profundidade os maiores valores de desvio padrão foram observados para SC e PC (Figura 6).

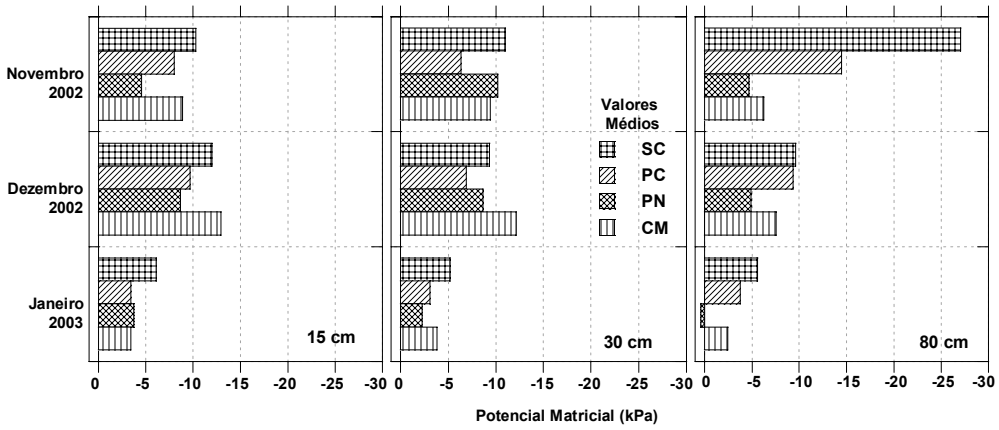

Figura 4. Valores médios de potencial matricial (kPa) para os meses de Novembro e Dezembro de 2002 e Janeiro de 2003, para as profundidades de 15, 30 e 80cm em todos os sistemas (SC – sem cobertura, PC – plantio convencional, PN – plantio em nível e CM – cultivo mínimo).

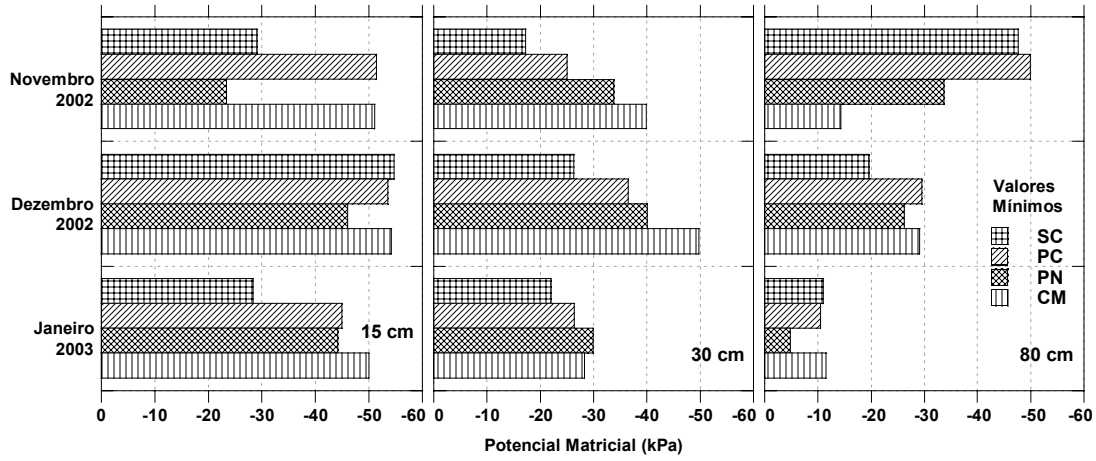

Figura 5. Valores mínimos de potencial matricial (kPa) para os meses de Novembro e Dezembro de 2002 e Janeiro de 2003, para as profundidades de 15, 30 e 80cm em todos os sistemas (SC – sem cobertura, PC – plantio convencional, PN – plantio em nível e CM – cultivo mínimo).

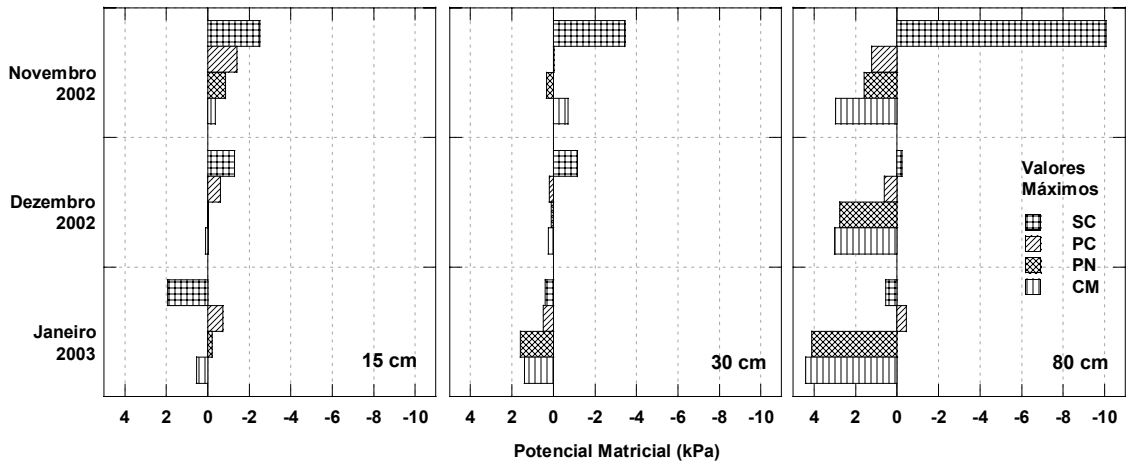

Figura 6. Valores máximos de potencial matricial (kPa) para os meses de Novembro e Dezembro de 2002 e Janeiro de 2003, para as profundidades de 15, 30 e 80cm em todos os sistemas (SC – sem cobertura, PC – plantio convencional, PN – plantio em nível e CM – cultivo mínimo).

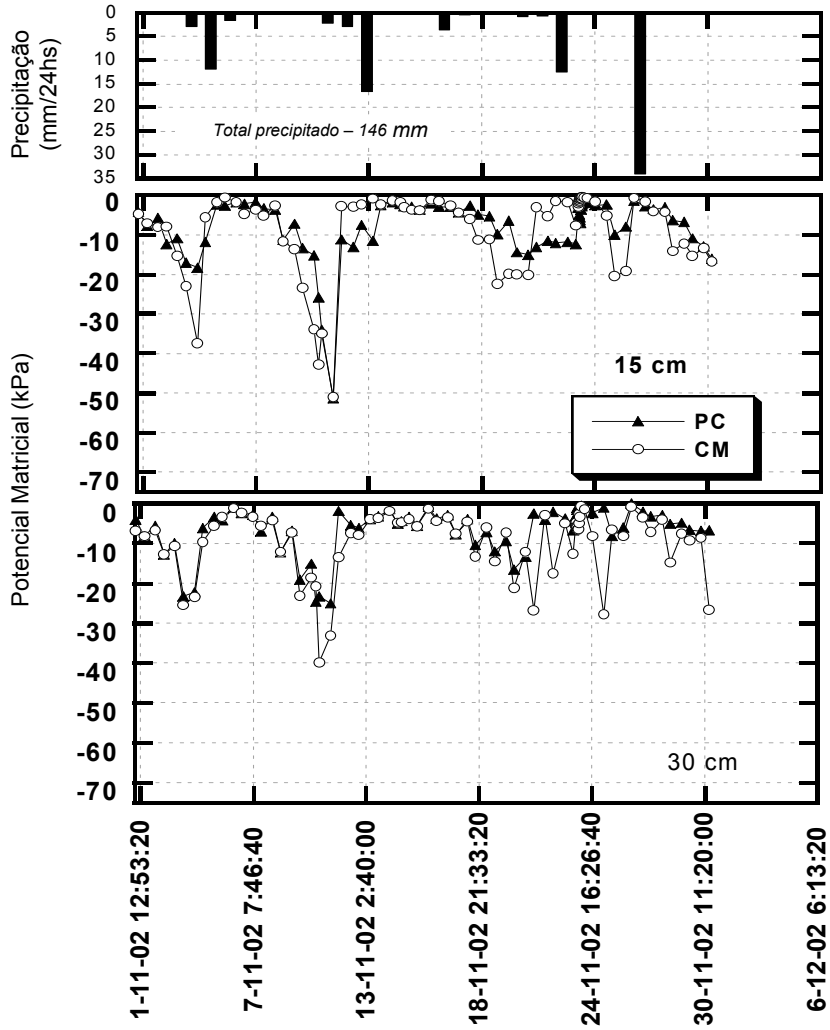

Figura 7. Comparação da resposta da variação do potencial matricial (kPa) nas profundidades de 15 e 30cm para os tratamentos PC e CM, em relação à precipitação (mm/24hs), ao longo do mês de novembro.

Optou-se por avaliar um período do mês de novembro de 2002, uma vez que este foi o de menor valor precipitado. Durante o mês os potencias matriciais tiveram os menores valores na profundidade de 15 cm para ambos os tratamentos, alcançando –50kPa. Já os maiores valores de potencial, no mesmo período de estiagem, para profundidade de 30 cm foram de –29 kPa para PC e –40 kPa para CM. Três a dois dias antes (20 e 21/11/2002) ao momento do evento monitorado os potenciais matriciais apresentavam-se variando entre –6 e –15 kPa (CM e PC respectivamente), conforme Figura 7.

A Figura 8 apresenta a variação do potencial matricial (nas profundidades de 15 e 30 para PC e CM) e da precipitação ao longo dos dias 22, 23, 24 e 25/11/2002. Pode-se dizer que em relação à profundidade de 15 cm, esta se encontrava mais próxima à saturação em CM do que em PC, tanto para um dia antes, assim como para o momento do evento. Manteve-se com a mesma resposta até 17 hs depois do evento. A precipitação teve início às 20hs e 10min, embora CM estivesse mais próximo à saturação este respondeu a valores de 0 kPa somente 2 horas depois, enquanto PC respondeu rapidamente ao início da precipitação, passando de -13 a -3 kPa. Em torno de 30 minutos posteriores PC voltou a diminuir seu potencial matricial, e modificando novamente seu comportamento depois de 2hs do início da precipitação.

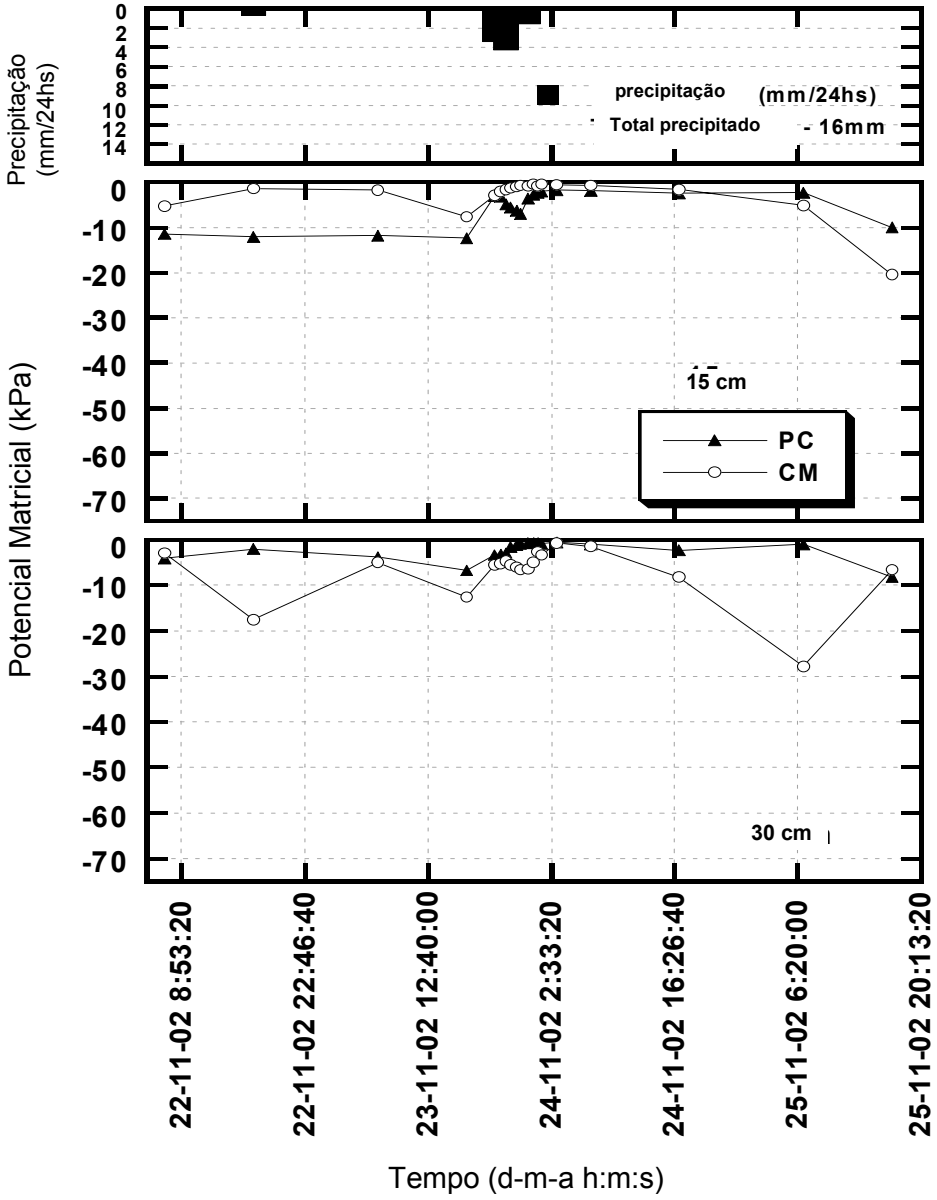

Figura 8. Variação do potencial matricial (kPa) nas profundidades de 15 e 30cm para os tratamentos PC e CM, em relação à precipitação (mm/24hs), ao longo do período de 22-25/11/02.

Na profundidade de 30 cm o tratamento do plantio convencional (PC) obteve um comportamento similar ao de CM em 15 cm, mantendo-se mais próximo à saturação. CM acusou as maiores variações no potencial matricial, de –18 até 0 kPa. A modificação do comportamento do potencial matricial chegando à saturação ocorreu somente após o termino da precipitação, em torno de 1h e 50 min do dia 24/11.

Nota-se que tanto para a profundidade de 15 como de 30 o comportamento hidrológico dos solos foi similar. Em PC tanto para condições de menor saturação ou mais próxima a saturação, tendeu a uma maior retenção da umidade, enquanto que CM após o evento pluviométrico respondeu com uma drenagem mais rápida, o que vem a confirmar o encontrado por Bertolino (2004).

Os resultados demonstraram que posteriormente ao evento pluviométrico o plantio convencional (PC) apresentou um comportamento de drenagem com uma velocidade menor em relação ao CM, mantendo-se mais próximo a saturação, isto foi percebido para ambas as profundidades de 15 e 30cm. Enquanto, no cultivo mínimo a drenagem logo após o evento se mostrou mais eficiente, tal fato pode estar associado às características de maior homogeneidade da porosidade, conforme descrito por Bertolino (2004). A maior retenção de umidade em PC, isto é a variabilidade da umidade antecedente do solo, sugere em alguns casos maiores perda de água e solo, o que de forma similar foi observado no trabalho desenvolvido por Bertol (1994).

REFERÊNCIAS

ANDERSON, M. G. e KNEALE, P. E. Topography and hillslope soil water relationships in a catchment of low relief. **Journal of Hydrology**, (n.47), pp. 115-128, 1980.

BERTOL, I. Erosão hídrica em cambissolo húmico distrófico sob diferentes preparos do solo e rotação de cultura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.18, pp.267-271, 1994.

BERTOLINO, A.V.F.A. **Influência do manejo na hidrologia de solos agrícolas em ambiente serrano: Paty do Alferes – RJ**. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Geografia/UFRJ, 2004. 178p.

BERTONI, J. e LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 2ª ed. Piracicaba: Livroceres, 1999. 355p.

CALDERANO, B.C. e LEMOS, A.L. Estudos Geológicos no Município de Paty do Alferes. . In: **WORKSHOP NACIONAL DE AGRICULTURA SUSTENTÁVEL EM REGIÕES TROPICAIS DE RELEVO ACIDENTADO**, Paty do Alferes, RJ. EMBRAPA/CPNS, 1998. CD-Rom.

DUNNE, T. e LEOPOLD, L. **Water in enviomental planning**. W. H. Freeman, New York, 1978, 818p.

BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Levantamento semidetalhado dos solos do município de Paty do Alferes e sub bacias do Córrego do Saco - Rio Ubá.** In: **WORKSHOP NACIONAL DE AGRICULTURA SUSTENTÁVEL EM REGIÕES TROPICAIS DE RELEVO ACIDENTADO**, Paty do Alferes, RJ. EMBRAPA /CPNS, 1998. CD-Rom.

FERNANDES, N.F. **Hidrologia subsuperficial e propriedades físico-mecânicas dos complexos de rampa – Bananal (SP)**. Tese de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Geologia/UFRJ. 1990. 151p.

FERNANDES, N. F.; COELHO NETTO, A. L. e DEUS, E. C. Monitoramento dos fluxos d'água no solo: instrumentação alternativa. **Simpósio de Geografia Física e Aplicada**, Nova Friburgo, Rio de Janeiro. 1989. pp. 71-97.

MARQUES, J. e PINHEIRO, F.M.A. Estudos hidrometeorológicos de Paty do Alferes, RJ: resultados preliminares. In: **WORKSHOP NACIONAL DE AGRICULTURA SUSTENTÁVEL EM REGIÕES TROPICAIS DE RELEVO ACIDENTADO**, Paty do Alferes, RJ. EMBRAPA/CPNS, 1998. CD-Rom.

MORGAN, R.P.C. **Soil Erosion e Conservation**. 2ª ed. Longman, 1995. 198p.

RAMALHO, J.F.G.P.; SOBRINHO, N.M.B.A.; SILVA, F.C. e VELLOSO, A.C.X. Enriquecimento de metais pesados pelo uso de insumos agrícolas na Microbacia de Caetés, Paty do Alferes, RJ. In: **WORKSHOP NACIONAL DE AGRICULTURA SUSTENTÁVEL EM REGIÕES TROPICAIS DE RELEVO ACIDENTADO**, Paty do Alferes, RJ. EMBRAPA /CPNS, 1998. CD-Rom.

REICHARDT, K. (1973). **Física dos processos de transferência no sistema solo-planta- atmosfera**. Publicação Especial do Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Piracicaba: USP-CNEN, 1ªed., 1973. 180p.

SILVA, T.M.; MOURA, J.R.S.; BAYERL, E.; ANDRADE, L.B.; PEIXOTO, M.N.O.; SALGADO, C.M.; LESSA, L.A. e SANTOS, D.A. Análise geomorfológica do Município de Paty do Alferes, RJ. In: **WORKSHOP NACIONAL DE AGRICULTURA SUSTENTÁVEL EM REGIÕES TROPICAIS DE RELEVO ACIDENTADO**, Paty do Alferes, RJ. EMBRAPA /CPNS, 1998. CD-Rom.

SHOCK, C. C. Instrumentos para determinação da umidade do solo. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA – CONBEA**, 27, Poços de Caldas, Minas Gerais, cap. 4, 1998, pp. 137-149.

TÔSTO, S.G.; PEREIRA, L.C.; MENEGUELLI, N.A.; LIMA, W.; FERNANDES, T.A.G. Caracterização socioeconômica e tipificação dos produtores da microbacia hidrográfica Córrego da Cachoeira, Paty do Alferes**, RJ.** In: **WORKSHOP NACIONAL DE AGRICULTURA SUSTENTÁVEL EM REGIÕES TROPICAIS DE RELEVO ACIDENTADO**, Paty do Alferes, RJ. EMBRAPA /CPNS, 1998. CD-Rom.

VILLAGRA, M.M.; MATSUMOTO, O.M.; LIBARDI, L.P. e REICHARDT; K. Tensiometria e variabilidade espacial em terra roxa estruturada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. (12), pp. 205-210, 1988.

WHIPKEY, R.Z. e KIRKBY, M.J. Flow within the soil. In: KIRKBY, M.J. (Org.) **Hillslope Hydrology**. New York: John Wiley e Sons, 1978. pp.121-143.